

Энергетическая перспектива и автомобильный сектор Бразилии

Марсело Аугусто Леаль Алвес
Инженерная школа Университета Сан-Паулу
e-mail malalves@usp.br

Аннотация. На автомобильный сектор приходится 22% национального промышленного продукта Бразилии. По размеру внутреннего рынка в 2019 году Бразилия была шестым по величине рынком в мире. Столь важная производственная деятельность сейчас сталкивается с проблемой технологического характера, имеющей несколько последствий, которые варьируются от национальной экономики до геополитического фронта. В отличие от других стран, растущее давление, направленное на сокращение выбросов углерода, оказывает давление на местный автомобильный сектор. Противостоять этому давлению - это больше, чем просто технология, и ее следует рассматривать как более сложную проблему с учетом уже упомянутых последствий. В этом документе резюмируются некоторые из основных проблем, связанных с источниками энергии для автомобильного сектора в Бразилии. Некоторые из проблем аналогичны тем, с которыми сталкиваются другие страны, а другие специфичны, но из них можно извлечь уроки, которые могут быть использованы всеми странами.

Ключевые слова: биотопливо, этанол, автомобилестроение, энергия

I. ВСТУПЛЕНИЕ

На автомобильный сектор в Бразилии приходится около 22% внутреннего промышленного производства, и по текущим показателям производства и продаж страна занимает восьмое место по величине производства и шестое место по величине рынка наземных транспортных средств в мире [1]. С точки зрения занятости, в автомобильном секторе работают около 500000 человек, а если включить продажи и техническое обслуживание, то количество сотрудников достигнет 1,3 млн человек [2]. Большая часть продукции предназначена для продажи на местном уровне, при этом экспорт играет второстепенную роль, и большая часть продукции идет в соседние страны, такие как Аргентина и Уругвай, в связи с соглашениями в рамках торгового блока MERCOSUL. Например, в 2020 году общее производство составило 2.020.229 автомобилей, а регистрация автомобилей местного производства осталась на уровне 1.846.818 единиц [3]. Однако центры принятия решений у производителей автомобилей находятся за пределами страны, поскольку ведущие производители автомобилей – иностранцы (Западная Европа, США, Япония и Южная Корея) [3], этот факт имеет некоторые последствия, поскольку Бразилия является закрытым рынком, не полностью интегрированным в глобальную производственную цепочку автомобилей, и большая часть продукции предназначена для местного или южноамериканского рынка. Следовательно, продукты, как правило, более устаревшие, и при инвестициях в новые продукты и новые производственные мощности необходимо учитывать, что экспорт продуктов и импорт большей части запчастей будут затруднены, если не столкнутся с

множеством препятствий, в первую очередь из-за высоких налогов на импортируемые товары.

Другой важный момент заключается в том, что бизнес-стратегии производителей автомобилей могут не согласовываться с национальной политикой, или возникнет необходимость в переговорах о налоговых льготах или политике стимулирования для увеличения продаж и производства автомобилей. Одним из примеров является биотопливо, такое как этанол, в качестве альтернативы топливу на нефтяной основе. Этанол в качестве топлива для автомобилей стал реальностью на бразильском рынке с 1980-х годов [4], задолго до того, как началось давление в пользу отказа от ископаемого топлива. Экономические и стратегические причины привели к этому развитию, спонсируемому местными субсидиями, поскольку оно служило только местному рынку и не использовалось за границей, когда оно было разработано.

Этот значительный, но изолированный рынок также является одной из причин, почему электрификация и другие источники энергии, такие как водород для транспортных средств, становятся важными в Бразилии гораздо медленнее, чем в других странах. В этой статье мы рассмотрим и другие факторы, но они так или иначе связаны с этой спецификой бразильского автомобильного рынка.

II. ТЕКУЩИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В БРАЗИЛИИ

В 2019 году общий расход топлива для дорожных транспортных средств в Бразилии составил $1,18 \times 10^8 \text{ м}^3$. Из этого общего количества 5% составляет биодизельное топливо, 19% – этанол, 32% – бензин (с 27% этанола, «E27») и 44% – дизельное топливо [5]. Таким образом, размер автопарка составляет 45 миллионов легковых автомобилей (легковые автомобили, пикапы) и 2 млн тяжелых транспортных средств (автобусы и грузовики – MDT и HDT) [3], [5], а текущая ситуация с парком в расчете на тип силовой установки, представлен в табл. 1.

ТАБЛИЦА I ПАРК ЛЕГКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО СИЛОВЫМ УСТАНОВКАМ [5]

Год выпуска	Кол-во автомобилей (миллионы)	Дизель (%)	Бензин (%)	Flex (любая смесь этанола и бензина) (%)	Гибрид и электрический (%)
До 1996 г.	0,4	-	100	-	-
1997-2004	6,7	0,6	94,8	4,6	-
2005-2008	6,9	1,8	18,1	80,1	-
2009-2012	11,6	1,9	9,3	88,8	-
2013-2020	19,5	2,6	5,0	92,2	0,2

Следует отметить, что местный стандарт регулирует использование дизельных двигателей, которые

разрешены только в транспортных средствах, перевозящих более 9800N (груз + пассажиры). Этим объясняется небольшое участие данного вида двигателей в парке легковых автомобилей. С другой стороны, 100% парка тяжелых транспортных средств работает на дизельном топливе [3], [5].

Еще один момент, на который следует обратить внимание – это автомобили с «гибким топливом», которые составляют большинство легковых автомобилей с середины 2000-х годов. Транспортные средства, работающие на гибком топливе, были представлены в 2003 году [4], и они работают на любой пропорции этанола и бензина. Водитель может выбрать, какой вид топлива будет использоваться, исходя из стоимости топлива и производительности. Этот вид транспортных средств является развитием первого поколения транспортных средств, работающих на этаноле, которые могли работать только на этом топливе и были обычным явлением до 1990 года, когда нехватка топлива привела к кризису в распределении этанола [4]. Современная технология использует лямбда-зонд на выхлопе для определения смеси выхлопных газов, а затем блок управления двигателем может определять соотношение топлива между этанолом и бензином, которое поступает в двигатель. Этанол производится из сахарного тростника и является ведущим биотопливом, используемым в Бразилии, и его объем в смеси с бензином составляет до 27%. С другой стороны, биодизель состоит из растительных масел (среди прочего, соевого, хлопкового, подсолнечного, пальмового), смешанных в пропорции 5% с дизельным топливом из минеральных источников.

Хотя электричество не имеет большого значения для участия в автопарке, оно станет источником энергии для транспортных средств, если Бразилия присоединится к нынешней тенденции электрификации автопарка после таких рынков, как Европа и Дальний Восток. В 2020 г. общая выработка электроэнергии составила 474,231 ГВт ч [6], а в табл. 2 представлены первичные источники электроэнергии.

ТАБЛИЦА II Источники электроэнергии в Бразилии [6]

Источник	Доля (%)
Вода	64
Тепловой (нефть и газ)	27
Ветер	7
Ядерная	1
Солнечная	0,1
Другое (в т.ч. биомасса, отходы)	0,9

Еще одним стимулом для автомобильного сектора, также связанным с его источниками энергии, являются выбросы CO₂. Это стало важным с середины 90-х годов, когда во всем мире возникли проблемы с изменением климата, и несколько правительственных и частных агентов очень активно использовали сокращение выбросов CO₂ и других выбросов в качестве мотивации для пересмотра промышленности и даже индивидуальных привычек потребителей [7], [8], [9]. В табл. 3 представлено сравнение источников выбросов в Бразилии, США, Китае и Западной Европе [5].

ТАБЛИЦА III ВЫБРОСЫ CO₂ ПО ВИДАМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Область	Чистые выбросы (Эквивалент CO ₂ в млн тонн)	Лесозаготовка	Сельское хозяйство	Энергия (без транспорта)	Транспорт	Промышленность	Остальное
Бразилия	1421	27	35	17	13	2	5
Китай	11706	-5	5	58	7	9	2
Соединенные Штаты Америки	5794	-4	6	58	29	4	2
Европа	3333	-7	11	59	23	9	4

Среди транспортных выбросов в Бразилии 91% приходится на автотранспорт [5]. Можно видеть, что проблема выбросов имеет разные причины в каждом месте, и попытки приложить усилия там, где проблемы не являются критическими, могут оказаться контрпродуктивными, если эти усилия окажут незначительное влияние на общую проблему. В качестве альтернативы то, что продается в качестве решения, может оказаться бесполезным, если не устранить реальную причину проблемы, как в случае с «чистыми» электромобилями, которые заряжают свои батареи от электрической сети, работающей на угле.

А. Биотопливо – этанол

С колониальных времен плантации сахарного тростника являются частью бразильского пейзажа. Первую хозяйственную деятельность на подстанции начали португальцы в своей южноамериканской колонии. Наличие больших плантаций сахарного тростника привело к производству этанола. Первые исследования использования этанола в качестве топлива относятся к 1925 году, когда были испытаны экспериментальные автомобили [10]. Сначала этанол рассматривался как альтернатива топливу на нефтяной основе, дорогому и импортированному, поскольку в Бразилии не было нефтяной промышленности. Однако отсутствие местной автомобильной промышленности положило конец этой деятельности, связанной с альтернативным топливом. Во время Второй мировой войны из-за нехватки топлива, вызванного военными усилиями, были предприняты другие попытки, но не удалось преодолеть некоторые технические проблемы (запуск холодного двигателя и коррозия) и создать жизнеспособную отрасль для производства и распределения топлива с использованием местного капитала.

Нефтяной кризис 1973 года создал ситуацию, в которой резкие скачки цен сильно ударили по ценам на нефть в стране. Военное правительство в то время увидело стратегическую ахиллесову пяту, которая сделала транспортировку людей и товаров внутри страны уязвимой перед внешними кризисами [4], [10]. Были начаты две попытки: разработка местных нефтяных месторождений (внутри страны и в основном на суше) и использование этанола в качестве топлива для легковых автомобилей (Proalcool). В 1975 году промышленности и академическим кругам было поручено разработать жизнеспособные двигатели и их компоненты, разработать и произвести промышленное оборудование, предназначенное для производства этанола, а также создать распределительную сеть для нового топлива. Чтобы сделать его привлекательным для

всех заинтересованных сторон, НИОКР, а также производство и распространение этанола субсидировались [10].

В 1980 году автомобили, работающие на этаноле, стали реальностью в Бразилии [4], [10]. Пять лет спустя почти все легковые автомобили в Бразилии работали на биотопливе местного производства [3]. Двигатели были разработаны для использования этанола в рамках технологии того времени, с общепринятой степенью сжатия 15:1. Следует напомнить, что в 1980 году электронное управление двигателями не было доступно, поэтому более высокие степени сжатия для бензиновых двигателей тогда не были распространены. [4]

Этот сценарий продолжался до 1990 года, когда изменение политики субсидирования производства этанола привело к сокращению предложения, поскольку производство сахарного тростника было направлено на производство сахара, который имел привлекательную цену на международном рынке при возможности получения доходов в стабильной иностранной валюте. (вместо слабой местной валюты, сильно пострадавшей от инфляции) производителями [4], [10]. В связи с резким сокращением поставок этанол-топливо исчезло с заправочных станций, и доверие потребителей также исчезло, и многие автомобили были переведены на бензин, что было связано со значительными расходами для их владельцев [10]. С другой стороны, этанол использовался в смеси с бензином для замены антидетонационных присадок с применением светодиодов. Количество этанола в бензине было увеличено до 27% в соответствии с текущей спецификацией. Этот факт помог связать производство этанола с потреблением бензина. Однако использование биотоплива в качестве источника энергии для транспортных средств было невозможно до разработки в начале 2000-х годов двигателей с гибким топливом, которые могут работать на любой смеси бензина и этанола. Возникла идея воссоздать производство этанола в качестве топлива [4]. В качестве побочных продуктов отрасли пришлось провести местные инженерные разработки, чтобы воспользоваться этим вариантом топлива, которое в то время было дешевым.

В 2003 году с конвейеров сошел первый легковой автомобиль с гибким топливом. Местные инженеры международных компаний, таких как Bosch, Magnetti-Marelli, и инженеры производителей автомобилей (VW, Fiat, Ford и GM – основные участники бразильского рынка) участвовали в разработке этих систем, предназначенных только для использования на бразильском рынке. [4], [10]. Как показано в табл. 2, бразильский потребитель принял эту идею главным образом потому, что она дает возможность выбрать, какое топливо будет использоваться, исходя из цены и производительности. «Практическое правило», известное многим автомобилистам, гласит, что этанол стоит того, если его цена за литр меньше 70% от обычной цены на бензин. Это правило основано на различных значениях теплотворной способности этанола по сравнению с октановым числом.

С технической точки зрения, двигатель с гибким топливом использовал датчик выбросов («лямбда-зонд») для оценки топливной смеси на основе выбросов газа. При правильном отображении, установленном на электронном блоке управления двигателем, можно настроить двигатель на правильную смесь этанола и

бензина [11], [12], [13]. Позже автомобильная промышленность использовала эту разработку на рынках, где этанол теперь смешивается с бензином в различных пропорциях, например, в США, где E10 теперь является стандартом (этанол в смеси с бензином на 10%).

Что касается выбросов, результаты этанола показали, что если рассматривать весь цикл от нефтяного месторождения до колеса транспортного средства или от поля сахарного тростника до колеса, этанол дает гораздо лучший результат с 46 г CO₂ / км, в то время как бензин (с 27% этанола) образует 151 г CO₂ / км. Считается, что углерод улавливается на полях сахарного тростника по мере роста урожая [5]. Предположим, что используется текущий стандарт для электрических и гибридных легковых автомобилей с учетом производства электроэнергии и расхода топлива. В этом случае, эквивалентные выбросы электрических транспортных средств около 37,5 CO₂/ км в Европе и 150 CO₂/ км в Китае, если рассматриваются выбросы для производства электроэнергии [14].

Этанол является конкурентоспособным в Бразилии в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания, но его можно использовать в водородном цикле, если водород используется в качестве источника энергии для транспортных средств [15], [16]. Следует отметить, что использование этанола в топливных элементах может выиграть от инфраструктуры, которая уже используется для производства, распределения и продажи этанола. С другой стороны, недостатком водорода является необходимость создания инфраструктуры для его производства и распределения в качестве топлива [5].

В. Электрификация автопарка и новые вызовы в Бразилии

Электрификация становится стандартом для автомобильной промышленности на наиболее развитых рынках, таких как Западная Европа и Дальний Восток [14]. Однако в Бразилии это происходит гораздо медленнее, несмотря на значительный размер рынка [5]. Этому способствуют несколько причин, в том числе медленная экономика, которая не восстанавливалась с 2015 года [1], и которая заставила отрасль работать с избыточными производственными мощностями и избегать долгосрочных инвестиций с мрачными перспективами возврата. Кроме того, электрификация требует новых инвестиций в производство и распределение электроэнергии. Помимо инфраструктуры, автомобильной промышленности придется инвестировать в новые линии по производству компонентов, таких как батареи и электродвигатели [5]. Такие инвестиции не малы, и с учетом нынешних экономических перспектив Бразилии они откладываются [1].

Бразилия занимает выгодные позиции в области производства сырья для электромобилей с точки зрения запасов таких материалов, как показано в табл. 4. Однако, не будучи частью производственной цепочки промышленных товаров для мировой автомобильной промышленности, из-за своей закрытой экономики, возможно, страна может стать экспортером сырья, а не экспортером промышленных товаров.

ТАБЛИЦА IV СЫРЬЕВАЯ БАЗА И ПРОИЗВОДСТВО АКБ. ВЕДУЩИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПОЗИЦИЯ БРАЗИЛИИ В РЕЙТИНГЕ [5]

Материал	Запасы (Мт)	Производство (тыс. тонн / год)
Литий	9,2 Чили	45 Австралия
	0,1 Бразилия (7-е место)	2,4 Бразилия (5-е место)
Никель	21 Польша	853 Польша
	16 Бразилия (3-е)	61 Бразилия (8-е место)
Графит	90 Турция	700 Китай
	70 Бразилия (3-е)	96 Бразилия (3-е)
Марганец	0,52 южной Африки	5,8 Южная Африка
	0,27 Бразилия (2-е)	1,7 Бразилия (4-е место)

Электрификация может означать конец автомобильной промышленности в Бразилии, если местная промышленность не начнет в большей степени интегрироваться в глобальные производственные цепочки. Хотя давление по сокращению выбросов носит глобальный характер, у страны нет политических рычагов для противодействия движению к декарбонизации транспорта, даже если цифры показывают, что транспорт не является основным источником выбросов в Бразилии.

Местные решения, такие как этанол в двигателях внутреннего сгорания, могут быть временными или предназначены для использования только на месте. Продуктовые линейки будут устаревшими и оторванными от основных рынков без продаж, которые служат основанием для более значительных вложений. Деиндустриализация также представляет собой риск, который необходимо учитывать. Если автомобильный бизнес станет неустойчивым, международные компании могут покинуть бразильский рынок. Прекращение местного производства автомобилей, как пассажирских, так и грузовых, приведет к тяжелым экономическим последствиям для Бразилии [1], с которыми невозможно быстро разобраться.

Другой сценарий, использование этанола в топливных элементах, может быть возможной местной адаптацией технологии, которая может быть использована на других рынках. Однако преобладает точное условие, т.е. местная промышленность должна интегрироваться в глобальные производственные цепочки автомобилей и запчастей.

Самый оптимистичный прогноз на 2035 год – это 62% продаж автомобилей в Бразилии, состоящих из различных гибридных автомобилей и электромобилей. Продажи составят 2,5 млн новых автомобилей в год [5]. Единственная экономическая перспектива, которая позволяет это сделать – иметь местное производство. Импорт полностью собранных автомобилей в таких количествах не является устойчивым, как основной экспорт сырья и продуктов питания, независимо от того, как сельское хозяйство и горнодобывающая промышленность будут развиваться в следующем десятилетии. [1], [5]. Следует отметить, что увеличение посевных площадей может оказаться невозможным из-за внешнего политического давления, направленного на сокращение обезлесения.

III. РЕЗЮМЕ И ВЫВОДЫ

Текущее состояние автомобильной промышленности в Бразилии привело округ к своего рода «перекрестку», на котором политические решения могут привести к прекращению или продолжению производства

автомобилей в Бразилии. Решения, которые работают только в Бразилии и, возможно, в соседних странах, такие как этанол для двигателей внутреннего сгорания, в долгосрочной перспективе не представляют интереса для отрасли, которая стремится стандартизировать свои производственные линии в других сферах, чтобы добиться более высоких результатов за счет масштабов производства.

Идея о том, что относительно большой рынок может оставаться относительно изолированным от глобальных промышленных тенденций, больше не актуальна, учитывая всемирное стремление электрифицировать линейку автомобильных продуктов, будь то автомобили с батарейным питанием или автомобили на водородных топливных элементах. Сумма инвестиций для полной перестройки автомобильной промышленности должна быть сделана с учетом того, что в автомобилях будут использоваться общие компоненты, которые будут производиться в разных частях мира, и, если бразильская промышленность продолжит свое существование, она должна будет быть конкурентоспособной и готовой к интеграции в глобальную производственную цепочку.

Вызов не только для отрасли. Академические круги, политики и общество сталкиваются с реальностью того, что некогда успешную модель, возможно, придется изменить или риск – это конец значительной экономической деятельности.

Текущие тенденции потребуют баланса между тем, что отвечает национальным интересам, и тем, что страна может принять как часть глобализированной экономики. Этот баланс непростой, и решения неясны. Проблема выходит за рамки технологий и науки, однако она затрагивает политику, экономику, общество и даже геополитику как сложная проблема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] DIEESE – Inter-Trade Union Department for Economic Studies and Statistics, “A desindustrialização e o setor automotivo: retomada urgente ou crise sem fim” (Deindustrialization and the automotive sector: urgent recovery or endless crisis), São Paulo, July, 2021. Retrieved from: <https://www.dieese.org.br/notatecnica/2021/notaTec259desindustrializaSetorAutomotivo.pdf>
- [2] Daudt, G.; Willcox, W.L. – Indústria Automotiva – Visão 2035: Brasil País Desenvolvido – Agendas Setoriais Para o Desenvolvimento, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Brasília, 2019. Retrieved from: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16241/1/PRCapLiv214167_industria_automotiva_compl_P.pdf
- [3] ANFAVEA – National Association of Vehicle Manufacturers, “2021 Year Book” São Paulo, 2021. Retrieved from: <https://anfavea.com.br/anuario2021/anuario.pdf>
- [4] Cortez, L. A. B.; “Proálcool – Universidades e Empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol, Brasileiro”, Ed. Blucher, São Paulo, Brazil (ISBN 9788521210627)
- [5] ANFAVEA – National Association of Vehicle Manufacturers, BCG – Boston Consulting Group. “O caminho da descarbonização do setor automotivo Brasileiro” (The path towards decarbonization of the Brazilian automotive sector), São Paulo, 2021, retrieved from: <https://anfavea.com.br/docs/apresentacoes/APRESENTA%20c3%87%203%83O-ANFAVEA-E-BCG.pdf>
- [6] MME – Ministério das Minas e Energia (Ministry for mining and Energy), “Resenha Energética Brasileira” (Brazilian Energy Summary), Brasília, 2021. Retrieved from: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/planejamento-e-desenvolvimento-energetico/publicacoes/resenha-energetica-brasileira>
- [7] Penna C. C. R. P., Geels, F. W.; “Climate change and the slow reorientation of the American car industry (1979–2012): An application and extension of the Dialectic Issue LifeCycle (DILC) model”, Research Policy, Volume 44, Issue 5, 2015, pp. 1029-1048

- [8] Austin, D.; Rosinski, N.; Sauer, A.; Le Duc, C.; "Changing Drivers – The Impact of Climate change on competitiveness and value creation in the automotive industry", World Resources Institute and Sustainable Asset Management, 2018. Retrieved from: http://pdf.wri.org/changing_drivers_full_report.pdf
- [9] Page N., Page M.; "Climate change: time to Do Something Different", *Frontiers in Psychology*, Vol. 5, 2014, pp. 1294-1302
- [10] Lagares, F. L.; "História e economia dos biocombustíveis no Brasil" (History and economy of biofuels in Brasil), Senado Federal, Brasília, 2011. Retrieved from: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td-89-historia-e-economia-dos-biocombustiveis-no-brasil>
- [11] Brunetti, F.; "Motores de Combustão Interna", Vol. 1, Ed. Blucher, São Paulo, 2018
- [12] Nigro, F. E. B., 2009. State of Art and Challenges for Biofuel Utilization. IFPU 2009 Summer School Agroenergy and Sustainability, Piracicaba, Brazil, 2009
- [13] Turner, J. W. G.; Peck, A.; Pearson, R. J.; "Flex-Fuel Vehicle Development to Promote Synthetic Alcohols as the Basis of a Potential Negative-CO2 Energy Economy". SAE Technical Paper Series 2007-01-3618, SAE International, Warrendale, NY, USA, 2007
- [14] Bieker, G.; "A Global Comparison of the Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Combustion Engine and Electric Passenger Cars, ICCT – The International Council on Clean Transportation, July, 2021. Retrieved from: https://theicct.org/sites/default/files/publications/Global-LCA-passenger-cars-jul2021_0.pdf
- [15] Lamy, C.; Rousseau, S.; Belgsir, E. M.; Coutanceau, C.; Léger, J.-M.; "Recent progress in the direct ethanol fuel cell: development of new platinum–tin electrocatalysts", *Electrochimica Acta*, Volume 49, Issues 22–23, 2004, PP 3901-3908.
- [16] Akhairi, M. A. F.; Kamarudin, S. K.; "Catalysts in direct ethanol fuel cell (DEFC): An overview", *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 41, Issue 7, 2016, PP 4214-4228